

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **63147387 A**

(43) Date of publication of application: 20.06.88

(51) Int. Cl

H01S 3/18

(21) Application number: 61295324

(22) Date of filing: 10.12.86

(71) Applicant: **NEC CORP**

(72) Inventor: YAMAGUCHI MASAYUKI

(54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

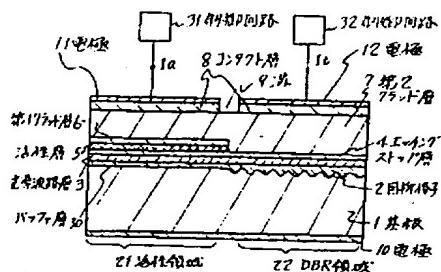
(57) Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a tunable single-axis mode semiconductor laser capable of an efficient wavelength control on a small wavelength controlling current by a method wherein a buffer layer with its energy gap larger than that of an optical waveguide layer is provided between the optical waveguide layer and a semiconductor substrate.

**CONSTITUTION:** On a semiconductor substrate 1, an active region 21, consisting of an optical waveguide layer 3 and a light-emitting active layer 5 equipped with an energy gap smaller than that of the optical waveguide layer 3, and a distributed Bragg reflection region (DBR) 22 sharing the optical waveguide layer 3 with the active region 21 on the substrate 1, are provided. Current-applying means 31 and 32 are provided respectively for the active region 21 and the distributed Bragg reflection region (DBR) 22. In this semiconductor laser device, a buffer layer 30, with its energy gap larger than that of the optical waveguide layer 3, is provided between the waveguide layer 3 and the semiconductor substrate 1. For example, at a portion on an n-InP substrate 1, a diffraction grating 2 is

built, after which an n-InGaAsP buffer layer 30, an n-InGaAsP optical waveguide layer 3, etc., are formed.

COPYRIGHT: (C)1988,JPO&Japio



⑨日本国特許庁(JP) ⑩特許出願公開  
⑪公開特許公報(A) 昭63-147387

⑫Int.Cl.  
H 01 S 3/18

識別記号 廷内整理番号  
7377-5F

⑬公開 昭和63年(1988)6月20日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭発明の名称 半導体レーザ装置

⑮特 願 昭61-295324  
⑯出 願 昭61(1986)12月10日

⑰発明者 山口昌幸 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑱出願人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
⑲代理人 弁理士内原晋

明細書

発明の名称

半導体レーザ装置

特許請求の範囲

1)半導体基板上に光を導く光導波路層と、この光導波路層上にこの光導波路層よりもエネルギーギャップが小さく発光を行う活性層とを有する活性領域と、この活性領域から連続した前記光導波路層を前記基板上に有する波長制御領域とを備え、前記活性領域及び前記波長制御領域の各々に独立に電流注入する手段を備えた半導体レーザ装置において、前記光導波路層と前記半導体基板との間に前記光導波路層よりもエネルギーギャップの大きなバッファ層を設けたことを特徴とする半導体レーザ装置。

2)波長制御領域が半導体基板上に回折格子を設けたものである特許請求の範囲第1項記載の半導体レーザ装置。

3)波長制御領域が半導体基板に回折格子を設けた波長粗調領域と回折格子を設けない波長微調領域とからなるものである特許請求の範囲第1項記載の半導体レーザ装置。

4)活性領域が半導体基板上に回折格子を設けたものである特許請求の範囲第1項記載の半導体レーザ装置。

発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は波長可変の单一軸モード半導体レーザ装置に関する。

【従来技術】

現在、光ファイバ通信の伝送方式としては、光源の半導体レーザの出力を直接振幅変調し、この信号光を受光器で直接検波する方式が用いられている。この直接変調・検波方式においても、光源に单一軸モード半導体レーザを用いることにより、光ファイバの波長分散の影響を抑制できるため、その伝送距離が100km以上にまで飛躍的に

伸びてきている。

近年、新たな伝送方式としてマイクロ波通信に用いられているヘテロダイン検波方式が光通信分野においても研究されている。この光ヘテロダイン検波方式は、信号光源にコヒーレンシーの良い单一軸モード半導体レーザを用いてその光の波長あるいは位相に情報を持たせた変調を行うもので、受光側では信号光源と波長をほとんど同じくする局部発振用光源に单一軸モード半導体レーザが用いられ、信号光と局発光との干渉によるビート信号を検波する方式である。この光ヘテロダイン検波方式の受光感度は、従来の直接変調・検波方式に比べ數10倍程度良くなるため、伝送距離が一段と伸びるようになる。現在、研究段階ではあるが、FSKヘテロダイン方式を用いて250km以上の長距離無中継伝送が実現されている。

光ヘテロダイン通信においては、送信側と受信側で波長の極めて近接した2つの单一軸モード半導体レーザが必要とされるが、半導体レーザの場合、その発振波長が約100Åの幅でばらつくた

め、この様な2つのレーザ素子を選別することは困難である。そこで電気的に波長制御可能な单一軸モード半導体レーザを用いれば、任意に選んだ2つの素子の発振波長を容易に近接させることができる。

また、光ヘテロダイン通信では、局発光源は信号光の波長を常に一定の周波数差を維持したまま追従しなくてはならないが、波長可変の单一軸モード半導体レーザを用いればこの様な波長追従も容易に行うことができる。

第7図は従来の波長可変单一時モード半導体レーザの一例として、波長可変分布反射型半導体レーザ（以下DBRレーザと称する）の断面図である（例えば特願昭59-176220号参照）。この波長可変DBRレーザの製作工程を説明する。

まず、n-InP基板1の表面に部分的に周期2400Åの回折格子2を形成した後、全面に波長組成1.3μmのn-InGaAsP光導波路層3、n-InPエッティングストップ層4、波長組成1.55μm

のノンドープInGaAsP活性層5、p-InP第1のクラッド層6をそれぞれ0.1μm、0.03μm、0.1μm、0.2μmの厚さにエピタキシャル成長する。この回折格子2が形成されてる領域（以下、DBR領域という）22において第1のクラッド層6及び活性層5をエッティング除去した後、再び全面にp-InP第2のクラッド層7、波長組成1.2μmのp+-InGaAsPコンタクト層8をそれぞれ2μm、0.5μmの厚さにエピタキシャル成長する。

続いて、DBR領域22と活性層5が残されている領域（以下、活性領域という）21との境界において、コンタクト層8に溝9を形成し、活性領域21及びDBR領域22のコンタクト層8の上部にそれぞれ電極11、12を、n-InP基板1の下に電極10を形成して構成される。

このレーザのp-n接合（ジャンクション）は活性領域21においては活性層5の内部に形成され、DBR領域22においては第2のクラッド層7の成長時にp型ドーパントの自動拡散によりn

-InPエッティングストップ層4がp型に反転し、光導波路層3の内部にp-n接合が形成される。また、活性領域21においては活性層5を挟んで、DBR領域22においては光導波路層3を挟んで半導体ダブルヘテロ接合が形成される。従って、活性領域21に電流I<sub>1</sub>を注入すれば活性層5において波長1.55μmの光が発光し、DBR領域22の分布反射により波長1.55μm付近で单一モードで発振する。

このDBRレーザにおいては、活性領域21とDBR領域22の間ににおいて光導波路層3が連続しているため、両領域間での良好な光の結合が得られ、低電流で発振した。また、DBR領域22へ電流I<sub>2</sub>を注入すると、注入キャリアは光導波路層3に流れ込み、光導波路層3のキャリア密度が高くなり、プラズマ効果によりDBR領域22の等価屈折率は低下する。これにより回折格子2の等価的周期が短くなることによりDBRレーザの発振波長はI<sub>2</sub>の増加に伴い短波長側へシフトする。

本発明の発明者らの実験によれば、 $I_1$  を約 150 mA 注入することにより約 50 Å の波長制御を実現できた。

[発明が解決しようとする問題点]

しかし、この波長制御範囲は論理的に予想される値 100 Å に比べ約半分でしかなかった。この理由は、DBR 領域 22 の光導波路層 3 を挟むダブルヘテロ接合において、半導体基板 1 と光導波路層 3 との界面が結晶成長前に空気に曝されていていたので、ダメージ層あるいは汚れ等がこの界面に残存しており、それがキャリアのシンクとなり光導波路層 3 への良好なキャリアの閉じ込めができていないためである。

本発明の目的は、この問題点を解決し、少い波長制御電流で効率良く波長制御可能な波長可変単一輸モード半導体レーザ装置を提供することにある。

[問題点を解決するための手段]

本発明の構成は、半導体基板上に光を導く光導波路層と、この光導波路層上にこの光導波路層よ

りもエネルギーギャップが小さく発光する活性層とを有する活性領域と、前記活性領域から連続した前記光導波路層を前記半導体基板上に有する波長制御領域とを備え、前記活性領域及び前記波長制御領域の各々に独立に電流注入する手段を備えた半導体レーザ装置において、前記光導波路層と前記半導体基板との間に前記光導波路層よりもエネルギーギャップの大きなバッファ層を設けたことを特徴とする。

[作用]

本発明の構成により、半導体基板と光導波路層との界面におけるキャリアシンクの問題を解決するためには、両層の間にバッファ層を介入させ、光導波路層を挟むダブルヘテロ接合界面を一度も空気に曝さないようにする必要があり、またダブルヘテロ接合を形成するために介入させるバッファ層は光導波路層よりもエネルギーギャップの大きな組成でなくてはならない。

この様なバッファ層を設けることによって、光導波路層には波長制御電流  $I_1$  の増加に伴って効

果的にキャリアが蓄積され、アラズマ効果により効率のよい波長制御が実現できる。

[実施例 1]

以下に本発明を図面を用いて詳細に説明する。

第 1 図、第 2 図は本発明の第 1 の実施例である波長可変 DBR レーザの断面図およびその制御動作特性図である。その構造を製作工程順により説明する。

まず、n-InP 基板 1 の上に部分的に周期 2400 Å の回折格子 2 を形成した後、波長組成 1.15  $\mu\text{m}$  の n-InGaAsP バッファ層 30、波長組成 1.3  $\mu\text{m}$  の n-InGaAsP 光導波路層 3、n-InP エッチングストップ層 4、波長組成 1.55  $\mu\text{m}$  のノンドープ InGaAsP 活性層 5、p-InP 第 1 のクラッド層 6 を順にそれぞれ 0.05  $\mu\text{m}$ 、0.1  $\mu\text{m}$ 、0.03  $\mu\text{m}$ 、0.1  $\mu\text{m}$ 、0.2  $\mu\text{m}$  の厚さにエピタキシャル成長させる。その後、回折格子 2 の形成された DBR 領域 22において p-InP 第 1 のクラッド層 6 をエッチャント HCl を用いて、ノンドープ InGaAsP 活性層 5 をエッチャント  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$

+  $\text{H}_2\text{O}$  (混合比 3 : 1 : 1) を用いてそれぞれエッチング除去し、その後、全面に p-InP 第 2 のクラッド層 7、波長組成 1.2  $\mu\text{m}$  の p' - InGaAsP コンタクト層 8 を順にそれぞれ 2  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$  の厚さエピタキシャル成長させる。

続いて、DBR 領域 22 と活性層 5 が残されている活性領域 21 との境界において、コンタクト層 8 に溝 9 を形成し、更に活性領域 21 及び DBR 領域 22 のコンタクト層 8 の上に Ti / Au からなる電極 11、12 を n-InP 基板 1 の下に AuGeNi からなる電極 10 を形成し所望の DBR レーザが構成される。なお、活性領域 21 の長さは 250  $\mu\text{m}$ 、DBR 領域 22 の長さは 500  $\mu\text{m}$  とした。

この DBR レーザにおいては、従来例と同様に p-n ジャンクションが活性領域 21 の活性層 5 内、DBR 領域 22 の光導波路層 3 内に形成される。活性領域 21 に制御回路 31 から電流  $I_1$  を注入すると、活性層 5において波長 1.55  $\mu\text{m}$  の光が発光し、DBR 領域 22 の回折格子 2 による分

布反射により波長 $1.55\mu m$ 付近で单一軸モードで発振する。D B R領域22においては、光導波路層3がそれよりもエネルギーギャップの大きなP型に反転したInPエッティングストップ層4とn-InGaAsPバッファ層30とで挟まれており、かつ光導波路層3の上下の界面は一度も空気に曝されてないため良好なダブルヘテロ接合となっている。

従って、D B R領域22に制御回路32から電流 $I_1$ を注入すれば、注入キャリアは光導波路層3に効果的に蓄積され、優れた波長制御特性が実現される。

このD B Rレーザの波長制御特性は、第2図の特性図のように示される。約 $150mA$ の制御電流 $I_1$ の注入により、発振波長はモードジャンプを繰り返しながら約 $120\text{~}A$ 変化したが、この波長変化量は従来の素子の2倍以上である。

#### [実施例2]

第3図、第4図は本発明の第2の実施例である波長可変D B Rレーザの断面図およびその動作状

態特性図である。第1の実施例では不連続な波長制御特性を示す波長可変D B Rレーザを示したが、本実施例では位相制御領域23を付加することによって連続的な波長制御が可能なD B Rレーザを示している。本実施例が、第1の実施例と異なる点は、活性領域21とD B R領域22の間に光の位相を制御する位相制御領域23を付加したことである。

この位相制御領域23の半導体層構造は、D B R領域と全く同じであるが、回折格子2は形成されていない。また、位相制御領域23に制御回路33から位相制御電流 $I_2$ を独立に注入できるように、位相制御領域23のコンタクト層8の上には電極13がコンタクト層8に形成された溝9によって他の領域の電極11、12とは分離して形成されている。各領域の長さは、活性領域21が $250\mu m$ 、位相制御領域23が $100\mu m$ 、D B R領域22が $500\mu m$ である。

このD B Rレーザにおいても、位相制御領域23及びD B R領域22の光導波路層3において良

好なダブルヘテロ接合が形成されているために、D B R領域22が広範な波長域において波長粗調し、しかも位相制御領域23が波長微調して連続的な波長制御が可能である。

第4図の波長制御特性図において、約 $150mA$ の $I_1$ の注入により発振波長は不連続的に約 $100\text{~}A$ 変化し、また $I_2$ を制御することにより、約 $10\text{~}A$ 間隔でモードジャンプする各モード間ににおいて連続的な波長制御が実現できたことを示している。これに要する $I_2$ は約 $10mA$ であった。

なお、本実施例においては、位相制御領域23を活性領域21とD B R領域22の間に設けたが、活性領域21を位相制御領域23とD B R領域22の間に設けた構成としても全く同様の効果を得られる。

#### [実施例3]

第5図、第6図は、本発明の第3の実施例である波長可変单一軸モード半導体レーザの断面図およびその動作状態の特性図を示す。この半導体

レーザは、活性層5に隣接して回折格子2を有する分布格子型半導体レーザ（以下DFBレーザという）である。

本実施例は、n-InP基板1の上に部分的に回折格子2を形成した後、全面に波長組成 $1.15\mu m$ のn-InGaAsPバッファ層30、波長組成 $1.3\mu m$ のn-InGaAsP光導波路層3、n-InPエッティングストップ層4、波長組成 $1.55\mu m$ のノンドープInGaAsP活性層5、p-InP第1のクラッド層6をそれぞれ順に $0.05\mu m$ 、 $0.1\mu m$ 、 $0.03\mu m$ 、 $0.1\mu m$ 、 $0.2\mu m$ の厚さにエピタキシャル成長する。その後、回折格子2が形成されてない領域25（以下、位相制御領域といいう）において、p-InP第1のクラッド層6及びノンドープInGaAsP活性層5をそれぞれ $HCl$ 、 $H_2SO_4$ + $H_2O_2$ + $H_2O$ （混合比3:1:1）のエッチャントを用いてエッティング消去する。

統いて全面にp-InP第2のクラッド層7及び波長組成 $1.2\mu m$ のp+-InGaAsコンタクト層8をそれぞれ $2\mu m$ 、 $0.5\mu m$ の厚さにエピタキ

シャル成長した後、位相制御領域25と活性層5から残された領域24（以下活性領域という）との境界においてコンタクト層8に溝9を形成し、活性領域24と位相制御領域25のコンタクト層8の上にTi/Ai<sub>x</sub>からなる電極14、15、n-InP基板1の下にAuGeNiからなる電極10を形成した。各領域の長さは活性領域24が250μm、位相制御領域25が100μmである。

この波長可変DPBレーザにおいては、活性領域24に制御回路34から電流I<sub>c</sub>を注入することにより、活性層5において波長1.55μmの光が発光し、回折格子2の分布帰還とその波長選択性を利用して波長1.55μm付近で单一軸モードで発振する。

位相制御領域25においては、第1の実施例と同様に光導波路層3において良好なダブルヘテロ接合が形成されているため、制御回路35から位相制御電流I<sub>p</sub>を注入すると、光導波路層3内のキャリア密度が高くなりプラズマ効果が生じて位相制御領域25の等価屈折率は低下する。すると

活性領域24から位相制御領域25側を見た端面位相はI<sub>c</sub>の注入の程度によって変化し、その結果DFBレーザにおいて発振可能な2本のモードを交互に発振させることができる。

第6図の波長制御特性図に示すように、I<sub>c</sub>を制御することにより2本の発振モードを交互に発振させることができ、また同一のモードに着目してI<sub>c</sub>を変化させた時の発振波長の変化の様子を観測したところ、発振波長は周波数にして約5GHz/mAの割合で長波側に変化したことが判明した。従来の素子においては、約1GHz/mAであったことから約5倍周波数変調(FM)特性が改善されたことになる。この波長可変DFBレーザは、FM変調効率が良いことから、FSKヘテロダイイン通信の信号光源として有力である。

なお、本発明の実施例では、InP/InGaAsP系の発振波長1.55μm帯の波長可変DBR、DFBレーザを例にして述べたきたが、発振波長は他の波長帯でもよく、また用いる半導体材料も、例えばAlGaAs/GaAs系やInP/InGaAs系でもよい。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明による波長可変半導体レーザは、光ヘテロダイイン通信の信号光源、局発光源に適用できる他、高密度波長多重伝送用光源、あるいは各種計測器に用いられる光源としても有望である。

#### 図面の簡単な説明

第1図、第3図、第5図は本発明の第1、第2および第3の実施例の半導体レーザ装置の断面図、第2図、第4図、第6図はこれら各実施例の波長制御状態を示す特性図、第7図は従来の波長可変単一軸モード半導体レーザの一例の断面図である。

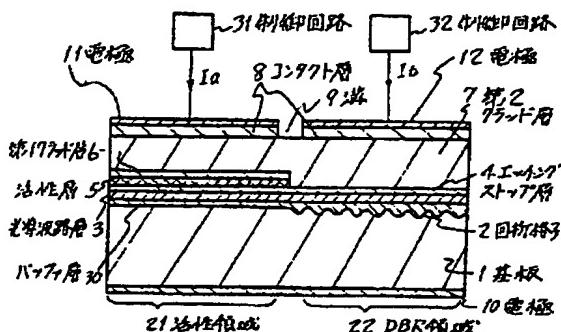
1…InP基板、2…回折格子、3…n-InGaAsP光導波路層、4…n-InPエッティングストップ層、5…ノンドープInGaAsP活性層、6…p-InP第1のクラッド層、7…p-InP第2のクラッド層、8…p<sup>+</sup>-InGaAsPコンタクト層、9…溝、10～15…電極、21、24…活性領域、

22…DBR領域、23、25…位相制御領域、

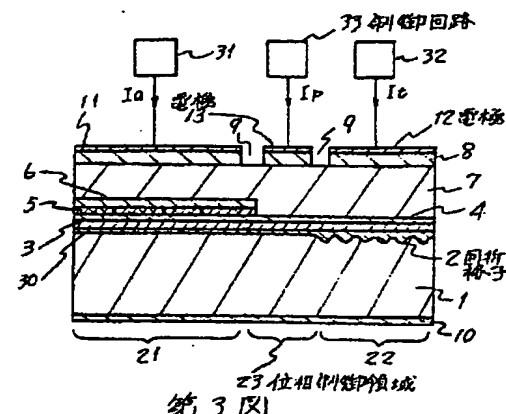
31～35…制御回路。

代理人弁理士内原

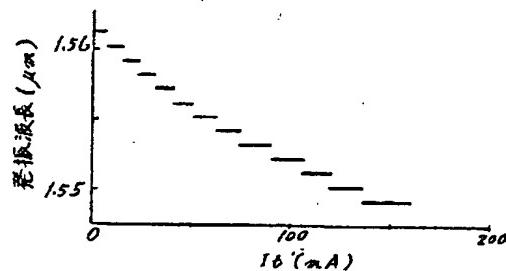




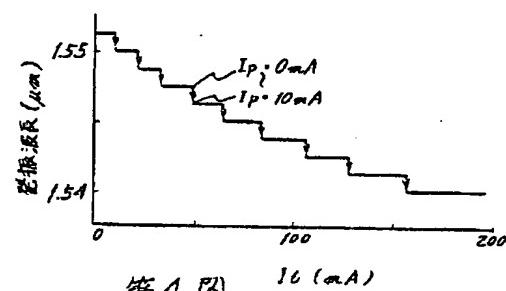
第1図



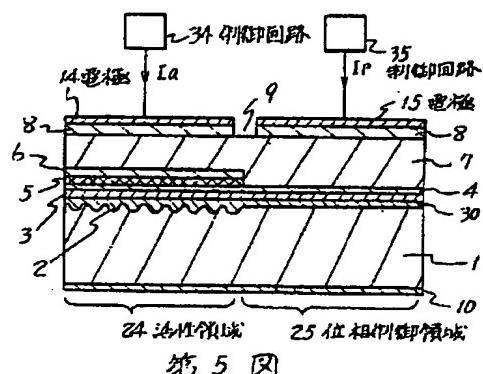
第3図



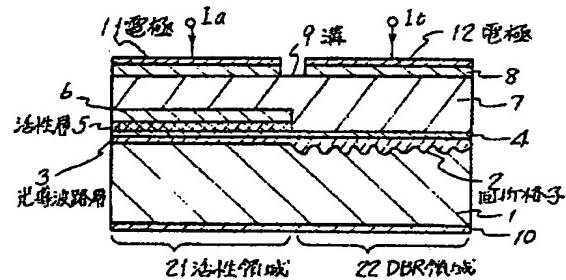
第2図



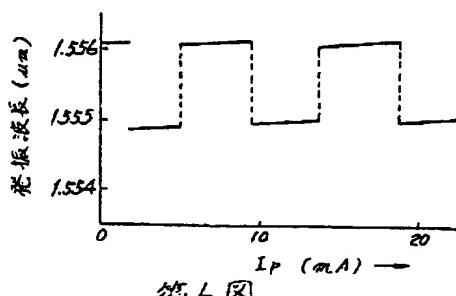
第4図



第5図



第7図



第6図